



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“MICROPLASTICOS EN TRES PLAYAS ARENOSAS DE LA
COSTA CENTRAL DEL PERU”

Tesis para optar el título de:
INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Bach. Maxwell ZARATE PONCE (0000-0002-5161-4251)

Asesor:

Ph.D. José Alberto IANNACONE OLIVER (0000-0003-3699-4732)

Lima – Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 3 de noviembre de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Alexander Emanuel Diaz Sotil
Miembro: Mg. Marisol Nuñez Martínez
Miembro: Blga. Liz Mayra Isabel Rodriguez Portilla

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú

Presentada por el bachiller:

- Maxwell Zarate Ponce

Para optar el Título Profesional de Ingeniero

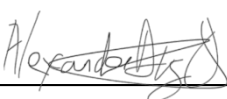
Ambiental Asesorada por:

- Dr. José Alberto Iannacone Oliver

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple (X) calificar a:

• Tesista: Maxwell Zarate Ponce			Nota (en letras): CATORCE
Aprobado (X)	Aprobado – Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()


Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. Alexander Emanuel Diaz Sotil
Presidente del Jurado



Dr. José Alberto Iannacone Oliver
Asesor



Mg. Marisol Nuñez Martínez
Miembro 1



Blga. Liz Mayra Isabel Rodriguez Portilla
Miembro 2

DEDICATORIA

A mis padres quienes lucharon por brindarme una buena educación, a mis hermanos quienes siempre me apoyan, a mi asesor quien me brindó su apoyo incondicional, a mis maestros quienes dieron todo su esfuerzo por brindarnos una buena enseñanza y a mis compañeros con quienes compartí gratos momentos durante mi estadía en la Universidad.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo económico de la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú en base a los “Fondos para Proyectos de Tesis de Pregrado y posgrado-2019” (316-2019-PRE11) para la ejecución de la presente investigación.

INDICE GENERAL

1. Resumen
2. Introducción
3. Materiales y métodos
4. Resultados
5. Discusión
6. Agradecimiento
7. Bibliografía
8. Tablas
9. Figuras e imágenes

RESUMEN

Los microplásticos (MP) se han convertido en un nuevo contaminante de preocupación mundial, y en el Perú solo el 56% de residuos plásticos terminan en un relleno sanitario y el 43,7% terminan en los ríos y en el océano, motivo por el cual, en los meses de verano (Enero y Febrero) del 2020, se ha realizado la evaluación de MP en tres playas arenosas, Chancay (M_1), Carpayo (M_2) y Asia (M_3) de la costa central de Lima, Perú. Donde se empleó el método de flotación por densidad y se identificó MP primarios y secundarios. La caracterización de MP se dio en relación a tipo, forma, color y fuente. La mayor concentración de MP se encontró en la playa M_2 (202.02 ± 10.38 Artículos/kg), mientras que la más baja concentración se encontró en la playa M_3 (116.73 ± 15.07 Artículos/kg). En la identificación de MP por zona (supralitoral e infralitoral) y por clasificación (primario y secundario) se ha evidenciado que en la playa M_2 , en la zona supralitoral se encontró (257.30 ± 7.88 Artículos/kg) de MP primarios, el mayor valor en comparación a las demás playas evaluadas, y respecto a MP secundario la mayor cantidad se encontró en la zona supralitoral (222.44 ± 10.88 Artículos/kg) de la playa M_2 . En la playa M_1 y M_2 predominaron los MP tipo fibra, en M_3 predominó los MP tipo fragmento. Los MP primario encontrados son de color azul y amarillo de forma alargada e irregular, proveniente principalmente de ropa sintética y resinas, respecto a MP secundario los colores predominantes fueron azul, rojo, verde y blanco de forma alargada, ovoide, y redondeada, proveniente de ropas sintéticas, red de pesca, tecnopor, bolsas y botellas. Los resultados evidencian que se requiere tomar medidas de control para mejorar la calidad ambiental de las playas marinas de la costa central del Perú.

Palabras claves: contaminación ambiental; microplásticos; Perú.

ABSTRACT

Microplastics (PM) have become a new pollutant of global concern, and in Peru only 56% of plastics waste ends up in a sanitary landfill and 43,7% ends up in rivers and the ocean, which is why, in the summer months (January and February) of 2020, the PM evaluation was carried out in three sandy beaches, Chancay (M₁), Carpayo (M₂) and Asia (M₃) of the central coast of Lima, Peru. Where the density flotation method was used and primary and secondary PM were identified. The characterization of MP was given in relation to type, shape, color and source. The highest concentration of PM was found in the M₂ beach (202.02±10.38 Articles/Kg), while the lowest concentration was found in the M₃ beach (116.73± 15.07 Articles/kg). In the identification of PM by zone (supralittoral and infralittoral) and by classification (primary and secondary) it has been shown that in the M₂ beach, in the supralittoral zone, the highest value of primary PM was found (257.30± 7.88 Articles/kg) compared to the other beaches evaluated, and with respect to secondary PM, the highest quantity was found in the supralittoral zone (222.44± 10.88 Articles/kg) of the M₂ beach. In the beach M₁ and M₂ the fiber-type PM predominates, in M₃ the fragment-type PM predominates. The primary PM found are blue and yellow with an elongated and irregular shape, coming mainly from synthetic clothing and resins, with respect to secondary PM the predominant colors were blue, red, green and white with an elongated, ovoid, and rounded shape, coming from synthetic clothes, fishing net, technopor, bags and bottles. The results show that control measures should be taken to improve the environmental quality of the marine beaches of the central coast of Peru.

Keywords: environmental pollution; microplastics; Peru.

I. ARTÍCULO ENVIADO A PUBLICAR

Título:

Microplásticos en tres playas arenosas de la costa Central del Perú.

Afiliaciones:

Científica del Sur

Revista:

Revista de Salud Ambiental - SESA

Enlace de la revista:

<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/about/submissions#onlineSubmissions>

Autor de correspondencia:

Ph.D. José Alberto IANNACONE OLIVER

Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú

Microplastics on three sandy beaches of the central coast of Peru

Microplásticos em três praias de areia da costa central do Peru

Maxwell Zarate¹, José Iannacone^{1,2}

¹Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Científica del Sur. Lima, Perú, mzarate796@gmail.com

²Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú, joseiannaconeoliver@gmail.com

RESUMEN

Los microplásticos (MP) se han convertido en un nuevo contaminante de preocupación mundial, y en el Perú solo el 56% de residuos plásticos terminan en un relleno sanitario y el 43,7% terminan en los ríos y en el océano, motivo por el cual, en los meses de verano (Enero y Febrero) del 2020, se ha realizado la evaluación de MP en tres playas arenosas, Chancay (M_1), Carpayo (M_2) y Asia (M_3) de la costa central de Lima, Perú. Donde se empleó el método de flotación por densidad y se identificó MP primarios y secundarios. La caracterización de MP se dio en relación a tipo, forma, color y fuente. La mayor concentración de MP se encontró en la playa M_2 (202.02 ± 10.38 Artículos/kg), mientras que la más baja concentración se encontró en la playa M_3 (116.73 ± 15.07 Artículos/kg). En la identificación de MP por zona (supralitoral e infralitoral) y por clasificación (primario y secundario) se ha evidenciado que en la playa M_2 , en la zona supralitoral se encontró (257.30 ± 7.88 Artículos/kg) de MP primarios, el mayor valor en comparación a las demás playas evaluadas, y respecto a MP secundario la mayor cantidad se encontró en la zona supralitoral (222.44 ± 10.88 Artículos/kg) de la playa M_2 . En la playa M_1 y M_2 predominaron los MP tipo fibra, en M_3 predominó los MP tipo fragmento. Los MP primario encontrados son de color azul y amarillo de forma alargada e irregular, proveniente principalmente de ropa sintética y resinas, respecto a MP secundario los colores predominantes fueron azul, rojo, verde y blanco de forma alargada, ovoide, y redondeada, proveniente de ropas sintéticas, red de pesca, tecnopor, bolsas y botellas. Los resultados evidencian que se requiere tomar medidas de control para mejorar la calidad ambiental de las playas marinas de la costa central del Perú.

Palabras claves: contaminación ambiental; microplásticos; Perú.

ABSTRACT

Microplastics (PM) have become a new pollutant of global concern, and in Peru only 56% of plastics waste ends up in a sanitary landfill and 43,7% ends up in rivers and the ocean, which is why, in the summer months (January and February) of 2020, the PM evaluation was carried out in three sandy beaches, Chancay (M₁), Carpayo (M₂) and Asia (M₃) of the central coast of Lima, Peru. Where the density flotation method was used and primary and secondary PM were identified. The characterization of MP was given in relation to type, shape, color and source. The highest concentration of PM was found in the M₂ beach (202.02±10.38 Articles/Kg), while the lowest concentration was found in the M₃ beach (116.73± 15.07 Articles/kg). In the identification of PM by zone (supralittoral and infralittoral) and by classification (primary and secondary) it has been shown that in the M₂ beach, in the supralittoral zone, the highest value of primary PM was found (257.30± 7.88 Articles/kg) compared to the other beaches evaluated, and with respect to secondary PM, the highest quantity was found in the supralittoral zone (222.44± 10.88 Articles/kg) of the M₂ beach. In the beach M₁ and M₂ the fiber-type PM predominates, in M₃ the fragment-type PM predominates. The primary PM found are blue and yellow with an elongated and irregular shape, coming mainly from synthetic clothing and resins, with respect to secondary PM the predominant colors were blue, red, green and white with an elongated, ovoid, and rounded shape, coming from synthetic clothes, fishing net, technopor, bags and bottles. The results show that control measures should be taken to improve the environmental quality of the marine beaches of the central coast of Peru.

Keywords: environmental pollution; microplastics; Peru.

ABSTRATO

Os microplásticos (PM) tornaram-se um novo poluente de preocupação global, e no Peru apenas 56% dos resíduos plásticos vão para aterro sanitário e 43,7% vão para os rios e o oceano, por isso, Nos meses de verão (janeiro e fevereiro) de 2020, a avaliação do PM foi realizada em três praias arenosas, Chancay (M₁), Carpayo (M₂) e Ásia (M₃) da costa central de Lima, Peru, Onde o método de flotação de densidade foi usado e PM primário e secundário foram identificadas. A caracterização do PM foi dada em relação ao tipo, forma, cor e origem. A maior concentração de PM foi encontrada na praia M₂ (202,02 ± 10,38 Artigos/Kg), enquanto a menor concentração foi encontrada na praia M₃ (116,73 ± 15,07 Artigos/Kg). Na identificação dos PM por zona (supralitoral e infralitoral) e por classificação (primária e secundária), foi demonstrada que na praia M₂, na zona supralitoral, foi encontrado o maior valor de PM primário (257,30 ± 7,88 Artigos/Kg) em comparação com as demais praias avaliadas, e em relação à MP secundária, a maior quantidade foi encontrada na zona supralitoral (222,44 ± 10,88 Artigos/Kg) da praia M₂. Na praia M₁ e M₂ predominou PM do tipo fibra, em M₃, predominou PM tipo fragmento. Os PM primários encontrados são o azul e amarela, de formato alongada e irregular, oriundos principalmente de vestimentas sintéticas e resinas, em relação à PM secundários as cores predominantes foram azul, vermelho, verde e branco de formato alongado, ovóide e arredondado, oriundo de roupas sintéticas, rede de pesca, tecnopor, bolsas e garrafas. Os resultados mostram que é necessário tomar medidas de controle para melhorar a qualidade ambiental das praias marinhas da costa central do Peru.

Palavras-chave: poluição ambiental; microplásticos; Peru.

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos (MP) se han convertido en un nuevo contaminante de preocupación mundial debido a su abundancia global¹, y son usados ampliamente en la vida cotidiana y aprovechados para diferentes actividades humanas². El uso excesivo de plásticos y su biodegradación son la fuente principal para la presencia de MP en el ambiente marino³. Los MP son partículas sólidas sintéticas con un tamaño de 0,001 a 5 mm de dimensión⁴, y según su clasificación, los MP primarios son aquellos que se encuentran en los productos de limpieza y de cosmética, los MP secundarios provienen de la biodegradación y fragmentación de macroplásticos en el ambiente marino o terrestre⁵. La existencia de MP tipo fibra resulta del lavado de la ropa o de la degradación de las redes de pesca⁶.

Los ambientes costeros se encuentran expuestos a la contaminación por MP, incluyendo las playas de arena de todo el mundo⁷, al año se vierten más de 8 mill de Tn de basura a los océanos, siendo alrededor de un 90% material plástico⁸. En el Perú el 56% de los residuos plásticos que se generan terminan en un relleno sanitario, el 43,7% terminan en botaderos llegando a los ríos y océanos y solo el 0,3% es reinsertado a la cadena productiva a través del reciclaje, 200Kg de plástico son echados a los océanos cada seg⁹. La contaminación de playas e impactos negativos a la salud ambiental se deben a la actividad antropogénica¹⁰. Los MP en el mar afectan a las especies y el ecosistema, ya que son confundidos con los alimentos de las especies marinas, provocando disrupciones estomacales o alterando otras funciones de los organismos como es la reproducción¹¹. En la zona supralitoral las especies como poliquetos, aves marinas son capaces de soportar la acción del viento, el oleaje, la desecación y la acumulación de residuos plásticos, por lo contrario en la zona

infralitoral, las condiciones son un poco más estables¹², con menor cantidad de residuos plásticos.

En Latinoamérica existen pocos estudios de MP en playas arenosas costeras¹³⁻¹⁶. En un estudio se ha determinado la concentración de MP en arena en la Bahía de Chetumal, México¹³, también se ha analizado la presencia de MP en el medio marino en Uruguay¹¹ y los estudios en el Perú sobre MP en playas arenosas costeras son escasos¹⁴⁻¹⁶.

En el presente trabajo se realizó la evaluación de MP primarios y secundarios en dos zonas (supralitoral e infralitoral) de tres playas arenosas de la costa central del Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las playas estudiadas en el Departamento de Lima, Perú fueron: Chancay, Carpayo y Asia. La playa Chancay (M₁) está ubicada en el distrito de Chancay, provincia de Huaral (7°24'33,98" LS; 78°7'2,32" LO), contaminada por las aguas residuales domésticas de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) EMAPA Chancay S.A.C. La playa Carpayo (M₂) está ubicada en el distrito de Ventanilla, provincia del Callao (12°3'23,72" LS; 77°7'5,3" LO), considerada una de las playas más contaminadas de Latinoamérica al acumular 40 Tn de residuos en 500 mtrs. superando otros continentes donde el promedio es 2 Tn por Km de residuos¹⁷. La playa Asia (M₃) está ubicada en el distrito de Asia, provincia de Cañete (12°47'48,23" LS; 76°30'40,46" LO), y es una playa contaminada por residuos plásticos generados por turistas quienes visitan en los meses de verano (Enero a Marzo). Las tres playas que se encuentran en el Departamento de Lima, distanciadas por 75.3Km y 111.2Km. (Fig.1), fueron evaluadas en la época de verano.

Las muestras de arena se colectaron de dos transectos (zona supralitoral e infralitoral), ambas zonas fueron separadas por una distancia de 5m. Cada transecto fue separado en 5 cuadrantes, entre cuadrantes se tuvo una distancia de 2m obteniendo un total de 10 cuadrantes en los dos transectos de la zona supralitoral (5 muestras) e infralitoral (5 muestras). Para delimitar cada cuadrante se utilizó un marco de aluminio de 50 x 50cm (2500cm²) y con una pala de metal se retiró la arena cuidadosamente a una bolsa de aluminio hasta 5cm de profundidad en dicha área¹⁸. Se recogió un total de 10 muestras (cada muestra recolectada fue equivalente a 1Kg.) por cada playa. La muestra recolectada fue trasladada al Laboratorio de Ecología y Biología Animal (LEBA) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.

Posterior a ello, las muestras de arena fueron tamizadas con aberturas de 1mm y 5mm. Los MP que quedaron en el tamiz de 1mm fueron considerados MP secundarios y los que pasaron el tamiz de 1mm quedando en la bandeja se consideraron MP primario. Todas las muestras de arena se guardaron en bandejas de aluminio cubiertas con papel kraft¹⁴.

Extracción de MP primarios: La muestra de arena se colocó a una estufa (marca BINDER®) a 60 °C durante 48h para su secado¹⁹, se preparó una solución saturada de NaCl, pesando 258,9 g de NaCl por L, y se disolvió en agua con una agitación constante¹⁴. Se pesó 50g de arena seca en una balanza analítica y se unió con 250ml de solución saturada de sal (NaCl con $\rho=1,27 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$), se agitó durante 2min manualmente con una varilla de vidrio y se dejó reposar por 5 h para la sedimentación, este procedimiento se realizó tres veces para cada muestra con el fin de aumentar la recuperación de los MP¹⁸.

Recuento de MP primarios: Pasado las 5 h de sedimentación en los vasos de precipitado, en la bomba de vacío (Rocker 400 Labolan) se colocó un papel filtro de 4 μ m y se pasó el sobrenadante, quedando los MP primarios en el papel filtro y luego se retiró en un cubreobjetos redondo de vidrio de 20 mm de diámetro para los análisis cualitativos y cuantitativos²⁰. Finalmente para cuantificar los MP primarios se examinaron usando un estereoscopio binocular digital a 80X. La totalidad de las muestras fueron escaneadas y la abundancia de los MP en una muestra de arena fue determinado en base a la suma de los MP en las tres repeticiones de filtración, expresado en número de elementos de MP por unidad de masa de arena seca (artículos de MP*kg⁻¹ de arena seca)²⁰.

Recuento de MP secundarios: Se mezcló 50 g de arena seca con 250 ml de solución de NaCl con $\rho=1,27 \text{ g*ml}^{-1}$, se dejó reposar por 5 h y luego a través de un pincel se retiró los MP en un cubreobjetos redondo de vidrio de 20 mm de diámetro y se observaron en un estereoscopio. Cada muestra fue fotografiada para su posterior clasificación.

La caracterización de MP se dio en relación a tipo (fragmento, fibras, laminas y espuma), forma (angulares, alargados, planos, etc.), color (azul, blanco, verde, rojo, etc.) y fuente (bolsas de plástico, red de pesca, ropas sintéticas, etc.). Durante el procedimiento, los materiales (vasos de precipitado, varilla de vidrio) se enjuagaron antes de su uso, se evitó el uso de materiales plásticos, se usó batas de laboratorio de tela natural y las muestras fueron selladas con papel Kraft para minimizar la contaminación por plásticos del medio²¹. Las diferencias de la abundancia de microplásticos entre las tres playas (M₁, M₂, M₃) y entre las zonas (supralitoral e infralitoral) se realizaron mediante el análisis de ANOVA de una vía con una prueba post-hoc de Tukey, previa análisis de normalidad de los datos con la prueba de

Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianza con Levene. Para todos los cálculos estadísticos descriptivos e inferenciales se usó el paquete estadístico de SPSS Statistics, obteniendo un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Los MP encontrados fueron $172,98 \pm 15,07$; $202,02 \pm 10,38$; $116,73 \pm 15,07$ (artículos*kg⁻¹) por sitio evaluado: M₁, M₂ y M₃ respectivamente. La mayor concentración se encontró en la playa urbana M₂ ubicada en el distrito de Ventanilla, mientras que la más baja concentración se encontró en la playa turística M₃ ubicada en el distrito de Asia.

En la identificación de MP por zona (supralitoral e infralitoral) y por clasificación (primario y secundario) se ha evidenciado que en la Playa M₂, la zona supralitoral presentó mayor cantidad de MP primarios ($257,30 \pm 13,27$) en comparación a las playas M₁ y M₃ ($F= 52,49$; $p < 0,05$), respecto a MP secundario se evidenció una mayor cantidad en la zona supralitoral en comparación a la zona infralitoral de las tres playas ($F= 53,81$; $p < 0,05$) (Tabla 1). Y en la playa M₁ y M₂ predominó los MP de tipo fibra y en la playa M₃ predominó los MP de tipo fragmento (Tabla 2). Los MP primarios identificados fueron de color azul y amarillo de forma alargada e irregular, provenientes de ropa sintética y resinas, los MP secundarios identificados fueron de color azul, rojo, blanco y verde, de forma alargada, ovoide y redondeada, provenientes de ropas sintéticas, red de pesca y bolsas. Sin embargo; por ahora no hay una metodología para clasificar a los MP por morfología, por lo cual esta investigación se ha basado en diferentes protocolos de clasificación, que han sido utilizados por diferentes investigadores, por ejemplo, fibras proceden de tejidos y cuerdas; pellets y esferas de resinas; películas provienen de envases y bolsas de plásticos²². (Figs. 2 y 3).

DISCUSIÓN

La identificación de MP se realizó mediante agitación con la solución saturada de NaCl (Método de Willis)²⁰, en la cual se dejó reposar por 5 h y mediante la bomba de filtración se logró retirar a los MP primarios y los MP secundarios se retiró con pinzas, luego los MP obtenidos se colocó en un cubreobjetos para su posterior análisis. Besley¹⁸ indican que existen varios procesos de extracción de MP en arenas de playas y propone un protocolo del cual se guió el presente trabajo, desarrollado para comparar entre investigaciones y lo importante es que no es necesario contar con equipos sofisticados.

En el presente estudio la mayor cantidad de microplásticos se encontró en la playa M₂ ($202,02 \pm 10,38$ artículos*kg⁻¹), una cantidad superior en comparación con las playas de arena de la Península de Baja California, México donde se identificó (135 ± 92 artículos*kg⁻¹) de MP²³, de igual forma superior a la cantidad de ($163,3 \pm 37,7$ artículos*kg⁻¹) de MP encontrados en el mar de Bohai de China²⁰, y respecto a los estudios realizados en el Perú sobre MP en arena, se determina que existe mayor cantidad de MP en la playa Carpayo en comparación a la playa de Venecia ($28,16$ partículas de MP*kg⁻¹), lo cual indica que una de las playas del Perú como es Carpayo considerada la más contaminada a nivel Latinoamérica, efectivamente contiene gran cantidad de MP que son expulsados por la población urbana quienes carecen de educación ambiental, y respecto a la zonas supralitoral e infralitoral se evidencia que se encuentra mayor cantidad de MP primarios y secundarios en la zona supralitoral. Piperagkas²⁴ señala que factores como granulometría del sedimento, pendiente de la playa, intensidad de las olas, promedio del viento, y la intervención humana, podrían

ser diferentes entre las zonas supralitoral e infralitoral, efectivamente se debe a ello la diferencia de MP identificado en las dos zonas.

En las tres playas, los MP de tipo fibra y fragmento fueron los predominantes y los colores que predominaron fueron azules, azules oscuros, blancos, rojos y amarillos, de lo cual los MP de color azul poseen una mayor amenaza para la fauna marina²⁵, esto debido a que muchas especies de la fauna marina como el cangrejo real, tortugas marinas y peces ingieren este color de MP confundiéndolos con sus presas²⁶ y los MP color blanco y amarillo son ingeridos accidentalmente por las comunidades planctónicas por su semejanza a sus presas²⁷.

Las formas de los MP que predominaron fueron: alargados, redondeados e irregulares provenientes de ropas sintéticas, red de pescas, bolsas y resinas que son arrojados en gran cantidad en las playas estudiadas. Alvarez-Zeferino⁵ señala que las playas turísticas presentan una mayor proporción de fibras y espuma generadas por la fragmentación de bolsas y cubiertas plásticas, efectivamente en este estudio, se determinó que en la playa M₃, se encontró mayor cantidad de fragmentos.

Una de las causas de la gran cantidad de MPs identificado en las tres playas estudiadas es la escasa conciencia pública de la gestión de los residuos plásticos especialmente en arenas costeras²⁸. De igual forma la pesca y la acuicultura son dos sectores que contribuyen en la generación de MP²⁹, ocasionando problemas a nivel ecosistémico y en la salud ambiental, ya que los MP presentan sustancias tóxicas en sus componentes³⁰. En el Perú se han llevado a cabo tres estudios de MP, obteniendo resultados similares con respecto al tipo, color, forma y fuente de los MPs y con respecto a estudios internacionales se ha obtenido resultados variables en dependencia de cada una de las localidades evaluadas (Tabla 4)^{2,5,10,11,14-16,23,27,20-32}.

Una limitación del presente estudio es que no se realizó el análisis de la composición química de los MP encontrado en las tres playas marinas del Departamento de Lima, Perú, por no contar con el equipo para el desarrollo Físico - Químico.

Se concluye que la mayor cantidad de MP ($202,02 \pm 10,38$ artículos* kg^{-1}) se encontró en la playa M₂ ubicada en el distrito de Ventanilla y la menor cantidad de MP ($116,73 \pm 15,07$ artículos* kg^{-1}) se encontró en la playa turística M₃ ubicada en el distrito de Asia, de igual forma en la zona supralitoral se identificó mayor cantidad de MP primarios ($257,30 \pm 7,88$ Artículos* kg^{-1}) y MP secundario ($222,44 \pm 12,11$). En la playa M₁ y M₂ predominaron los MP tipo fibra y en la playa M₃ predominó los MP tipo fragmento y la mayor cantidad de MP primario fueron de color azul y amarillo de forma alargada e irregular, proveniente de ropa sintética y resinas, respecto a MP secundario la mayor cantidad fueron de color azul oscuro, rojo, blanco y azul de forma alargada, ovoide, y redondeada, proveniente de ropas sintéticas, red de pesca y bolsas.

Este trabajo está enfocado en hacer de conocimiento a toda la población y principalmente a las autoridades locales municipales sobre la acumulación de MP en las tres playas evaluadas y de esa forma tomar medidas de protección y cuidado para mejorar la salud ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo económico de la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú en base a los “Fondos para Proyectos de Tesis de Pregrado y posgrado-2019” (316-2019-PRE11) para la ejecución de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Desforges J, Galbraith M, Ross P. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Arch Environ Con Tox*. 2015; 69: 320–30.
2. Pereira-Monteiro RC, Ivar do Sul JA, Costa MF. Small microplastics on beaches of Fernando de Noronha Island, Tropical Atlantic Ocean. *Ocean Coast. Res*. 2020; 68:e00000.
3. Sarria R, Gallo J. La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: microplásticos. *Jou Cie Ing*. 2016; 8: 21-7.
4. Frías JPGL, Nash R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Mar Pollut Bull*. 2019; 138: 145–6.
5. Alvarez-Zeferino JC, Ojeda-Benítez S, Cruz-Salas AA, Martínez-Salvador C, Vázquez-Morillas A. Microplastics in Mexican beaches. *Resour Conserv Recy*. 2020; 155: 104633.
6. Barboza L, Frias J, Booth A, Vieira L, Masura J, Baker J, et al. Microplastics pollution in the marine environment. En: Sheppard, C. (Comp.). *World Seas: An Environmental Evaluation, Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*. Elsevier. Países Bajos. 2019; pp. 329–51.
7. De la Torre G, Mendoza L, Pilar R. Microplastic contamination in market *bivalve Argopecten purpuratus* from Lima, Peru. *Manglar*. 2019; 16(2): 85-9.
8. Rojo E, Montoto T. Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. *Ecologistas en acción*. 2017.
9. Blancard M, Choplin L, Mbaye M, Olivereau A. Un sistema de depósitos para botellas de plásticos en Lima: ¿una alternativa colectiva y exitosa para resolver el problema de la contaminación y de la creciente producción de plástico en el Perú? (Tesis). Lima: ESAN. 2019.
10. Burigo-Marin C, Niero H, Zinnke I, Pellizzetti MA, Santos PH, Rudolf AC, Beltrão M, Waltrick DS, Polette M. Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Reg Stud Mar Sci*. 2019; 31:100771.
11. Rodríguez C, Fossatti M, Carrizo D, Sánchez-García L, Teixeira de Mello F, Weinstein F, et al. Mesoplastics and largemicroplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: Types, sources, fates, and chemical loads. *Sci Total*

- Environ. 2020; 721: 137734
12. Fernández J, Jiménez M, Allen T. Diversidad, abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado Sucre, Venezuela. *Rev Biol Trop.* 2014; 62(3): 947-56.
 13. García D. Determinación de microplásticos en la zona conurbada de la bahía de Chetumal (Tesis). México: Universidad de Quintana Roo. 2016.
 14. Iannacone J, Huyhua A, Alvariano L, Valencia F, Príncipe F, Minaya D, et al. Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *Biologist (Lima).* 2019; 17(2): 335-46.
 15. Purca S, Henostroza A. Presencia de microplástico en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista peruana de biología.* 2017; 24(1): 101-6.
 16. De la Torre G, Dioses D, Castro J, Antay R, Fernández N, Espinoza D, et al. Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Mar Pollut Bull.* 2020; 151.
 17. Cornejo M. Diseño de información como método para generar conciencia ambiental respecto a la alteración de la fauna marina debido a la contaminación por residuos plásticos en las playas de Lima Metropolitana, dirigido a amas de casa pertenecientes al distrito de Surquillo. (Tesis). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. 2017.
 18. Besley A, Vijver M, Behrens P, Bosker T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Mar Pollut Bull.* 2017; 114: 77-83.
 19. Redondo P, Falahudin D, Peeters T, Koelmans A. Microplastic effect thresholds for freshwater benthic macroinvertebrates. *Environ Sci Technol.* 2018; 52: 2278-86.
 20. Yu X, Peng J, Wang J, Wang k, Bao S. Occurrence of microplastics in the beach sand of the chinese inner sea: the Bohai sea. *Environ Pollut.* 2016; 214: 722-30.
 21. Sun J, Dai X, Wang Q, Van M, Jie B. Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Res.* 2019; 152: 21-37.
 22. Dioses D, Pizarro C, De la Torre G. A methodological approach of the current literature on microplastic contamination in terrestrial environments: Current knowledge and baseline considerations, Perú. *Science of the total Environment.* 2020; 730.

23. Piñon T, Rodriguez R, Pastrana M, Rogel E, Toyohiko F. Microplastics on Sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. *Mar Pollut Bull.* 2018; 131:63-71.
24. Piperagkas O, Papageorgiou N, Karakassis I. Qualitative and quantitative assesment of microplastics in three sandy Mediterranean beaches, including different methodological approaches. *Estuar Coast Shelf Sci.* 2019; 219: 169-75.
25. Aslam H, Ali T, Mortula M, Attaelmanan A. Evaluation of microplastics in beach sediments along the coast of Dubai, UAE.
26. Borges M, Lara M, Dzul R, Von J. Contaminación costera por plastificantes. *Jaina Bol Inf.* 2016; 27(1): 1-37.
27. Mazariegos-Ortíz C, Rosales MA, Carrillo-Ovalle L, Cardoso RP, Muniz MC, dos Anjos RM. First evidence of microplastic pollution in the El Quetzalito sand beach of the Guatemalan Caribbean. *Mar Pollut Bull.* 2020; 156:111220.
28. Bangun A, Wahyuningsih H, Muhtadi U. Impacts of macro - and microplastic on macrozoobenthos abundance in intertidal zone. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2018; 122: 012102.
29. Choudhury A, Sarmah R, Bhagabati S, Dutta R, Baishya S, Borah S, et al. Microplastic pollution: An emerging environmental issue. *J Entomol Zool Stud.* 2018; 6(6): 340-4.
30. Delvalle-de-Borrero D, Duque JF, Olmos J, Garcés-Ordóñez O, Gurgel-de-Amaral SS, Vezzone M, Felizardo JPS, Meigikos-dos-Anjos R. Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean beaches of Panama. *Air soil water res.* 2020; 13:1-8.
31. Acosta-Coley I, Olivero-Verbel J. Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia. *Environ. Monit Assess.* 2015; 187: 435.
32. Acosta-Coley I, Duran-Izquierdo M, Rodriguez-Cavallo E, Mercado-Camargo J, Mendez-Cuadro D, Olivero-Verbel J. Quantification of microplastics along the Caribbean Coastline of Colombia: Pollution profile and biological effects on *Caenorhabditis elegans*. *Mar Pollut Bull.* 2019; 146: 574-83.

Tabla 1. Microplásticos (MP) (artículos de MP*kg⁻¹ de arena seca) primarios y secundarios de las zonas supralitoral e infralitoral en tres playas arenosas de la costa central del Perú.

Playa	Zona	microplásticos (artículos*kg ⁻¹)	
		Primario	Secundario
Chancay	supralitoral	210,34 ± 14,99 ^b	95,79 ± 17,78 ^c
	infralitoral	221,25 ± 14,27 ^b	90,00 ± 20,72 ^c
Carpayo	supralitoral	257,30 ± 13,27 ^a	222,44 ± 12,11 ^a
	infralitoral	148,00 ± 16,14 ^c	143,08 ± 15,20 ^b
Asia	supralitoral	98,57 ± 21,57 ^d	161,05 ± 17,78 ^b
	infralitoral	116,92 ± 22,38 ^{cd}	51,11 ± 8,10 ^d

Nota: Prueba de comparación de medias de tukey (p<0,05).

Letras diferentes en la columna representan diferencia significativa.

Tabla 2. Identificación de tipo de microplásticos (MP) primarios y secundarios (artículos de MP*kg⁻¹ de arena seca) en tres playas arenosas de la costa central del Perú.

Playa/Tipo	Espuma	Fibra	Fragmento	Lamina
Chancay	ND	151,17 ^a	42,00 ^b	25,71 ^b
Carpayo	33,33 ^a	134,12 ^a	63,45 ^b	58,62 ^a
Asia	20,00 ^a	85,95 ^b	106,67 ^a	45,45 ^{ab}
F	1,00	15,75	9,36	5,29
Sig	0,42	0,0001	0,0004	0,009

Nota: Prueba de comparación de medias de tukey (p<0,05). ND = No detectado.

Letras diferentes en la columna representan diferencia significativa.

Tabla 3. Caracterización de Microplásticos (MP) (artículos de MP*kg⁻¹ de arena seca) primarios y secundarios por color, forma y fuente en tres playas arenosas de la costa central del Perú.

Parámetro	Característica	Asia		Carpayo		Chancay	
		Primario	Secundario	Primario	Secundario	Primario	Secundario
Color de microplásticos	Amarillo			60,00	20,00		
	Azul	65,00	44,00	57,00	26,00	55,00	30,00
	Azul claro		40,00	30,00	20,00	20,00	
	Azul oscuro	20,00	60,00	33,00	20,00	20,00	
	Blanco	20,00	20,00	30,00	30,00	31,00	23,00
	Celeste		20,00	35,00	25,00	23,00	
	Crema	25,00	20,00	20,00	22,00	20,00	
	Marrón			20,00	20,00	20,00	
	Morado	33,00	30,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	Naranja	40,00	20,00				20,00
	Negro	20,00		20,00	25,00	20,00	
	Rojo	20,00	60,00	26,00	20,00	33,00	25,00
	Rosado	20,00	20,00	20,00			
Verde	30,00	24,00	22,00	26,00	30,00	20,00	
Formas de microplásticos	Alargado	40,00	33,00	34,00	28,00	39,00	23,00
	Angulares			20,00	20,00	30,00	
	Cilíndricos				20,00		
	Degradado	40,00		20,00		26,00	30,00
	Discos			20,00	20,00		
	Irregulares	20,00		60,00	20,00		
	Ovoide		50,00	20,00	28,00	20,00	
	Plano	20,00	20,00	28,00	23,00	20,00	20,00
	Redondeado		50,00	36,00	20,00	20,00	40,00
	Rotos				20,00		
Rugosos	20,00	46,00	28,00	20,00	20,00		
Fuente de microplásticos	Alfombras		50,00	40,00	20,00	20,00	
	Bandejas						
	Bolsas	60,00			20,00	20,00	
	Botellas	65,00	20,00		20,00	20,00	20,00
	CD			20,00	20,00		
	Contenedores	20,00	20,00	24,00	25,00	31,00	20,00
	Envases	42,00	36,00	36,25	28,00	38,00	25,00
	Red de pesca	20,00		60,00	20,00		
	Resinas			60,00	20,00		
	Ropa sintética	65,00	44,00	57,00	26,00	55,00	30,00
	Tapas		40,00	30,00	20,00	20,00	
Tecnopor	20,00	60,00	33,33	20,00	20,00		
Tubos	20,00	20,00	30,00	30,00	31,00	23,00	

Tabla 4. Microplásticos (MP) encontrados en algunas playas de países Latinoamericanos. NR = No registrado.

País	Tipo de MP	Color	Referencia
Brasil	fibras, fragmentos	Azul, verde, blanco, amarillo, gris, rojo	2
Brasil	espuma	NR	10
Colombia	pellets	blanco, arena, gris	29
Colombia	pellets	blanco	30
Guatemala	espuma, fragmentos, gránulos, microesferas y películas	blanco, transparente	25
México	fragmentos, espumas, fibras, películas	blanco, azul, verde	5
México	fibras, partículas, películas	azul, negro, rojo	21
Panamá	fibras, películas, esponjas, espumas, fragmentos	Incoloras, azules, blanco, verde, amarillo pardo, morado,	28
Perú	fragmentos	amarillo, transparente, blanco, azul, negro, verde, rojo	14
Perú	espuma, fibra, laminas, fragmentos, plástico duro	transparente, blanco	15
Perú	espuma, fragmentos,	blanco	16
Uruguay	espuma, fragmentos	blancos, amarillos, ámbar, marrón	11

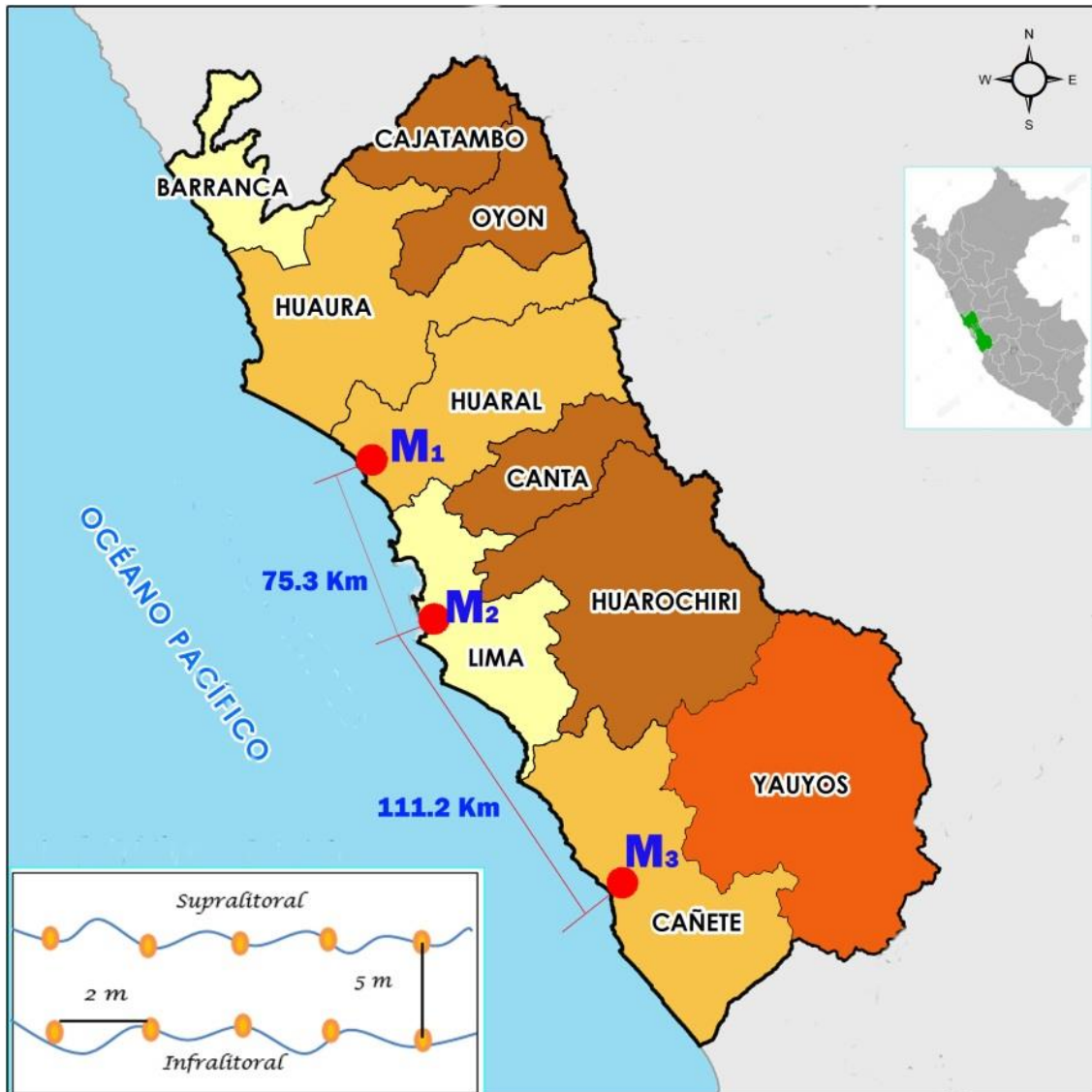


Figura. 1. Localización y distanciamiento de las tres playas (Chancay=M₁, Carpayo=M₂ y Asia=M₃) de muestreo de microplásticos (MP) en la costa central de Lima, Perú. El gráfico de inserción indica el origen de las muestras de las dos zonas supralitoral (5 muestras) e infraitoral (5 muestras).

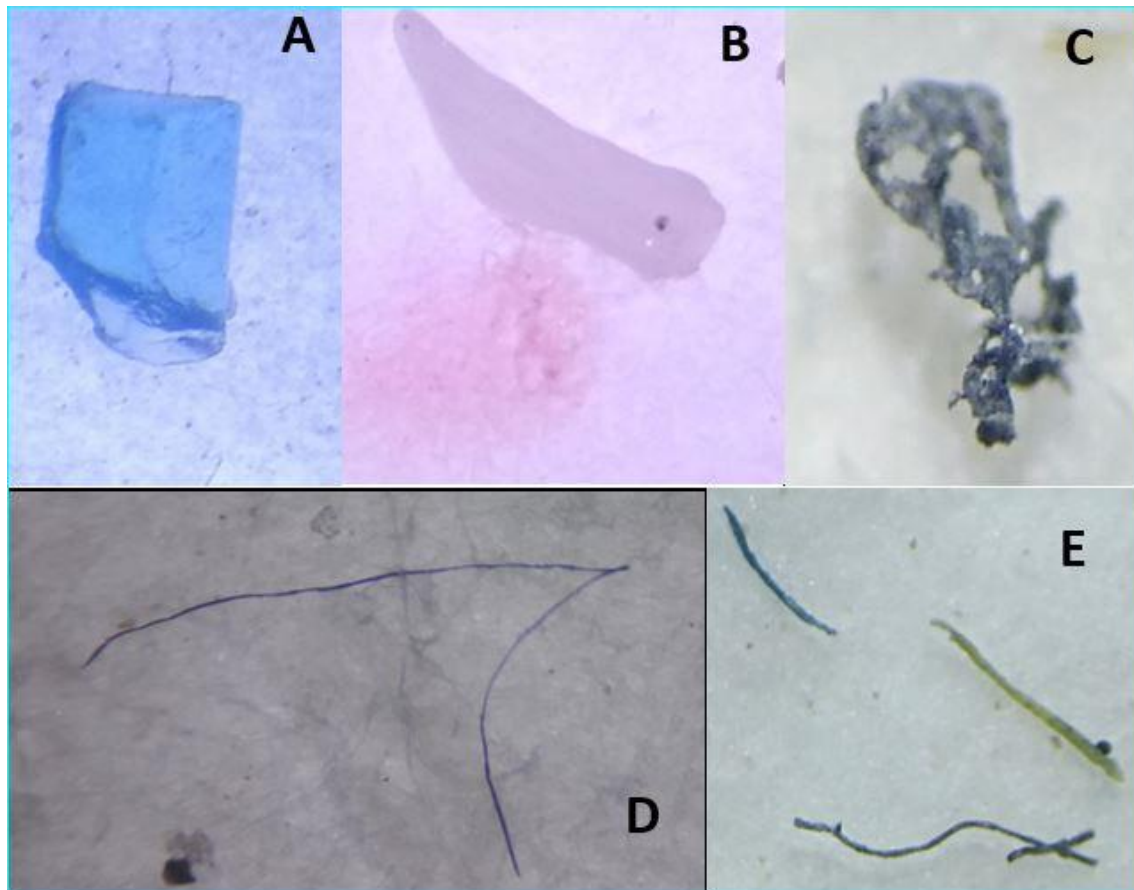


Figura 2. (A). MP primario de forma angular de color azul. (B). MP primario de forma cilíndrico color rosado. (C). MP primario de forma degradado color negro. (D). MP primario de forma alargada color morado. (E). MP primario de forma alargada color azul y amarillo.

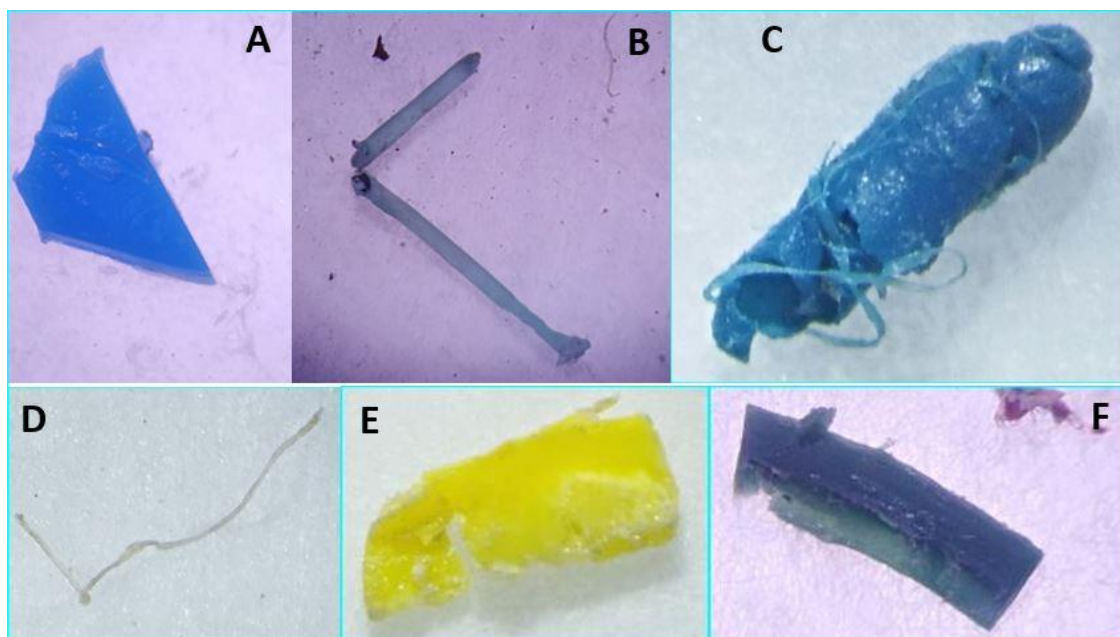


Figura 3. (A). MP secundario de forma angular color azul. (B). MP secundario de forma alargada de color morado. (C). MP secundario de forma ovoide color azul entrecruzado con una red de color celeste. (D). MP secundario de forma alargada color marrón. (E). MP secundario de forma degradada color amarillo. (F). MP secundario de forma cilíndrica de color verde.

ANEXOS

Evidencia del envío a revista científica (Carta o e mail de envío tras aprobar la revisión académica)

The screenshot shows the 'diffundit' Open Journal Systems Platform interface for the journal 'REVISTA DE SALUD AMBIENTAL'. The page is titled 'Envíos activos' (Active Submissions) and shows a list of submissions. The first submission is ID 1079, dated 03-07, from author 'Zarate, Iannacone', with the title 'MICROPLÁSTICOS EN TRES PLAYAS ARENOSAS DE LA COSTA'. Its status is 'EN REVISIÓN' (Under Review). The interface includes a search bar, navigation tabs (Inicio, Acerca de, Área Personal, Buscar, Actual, Archivos), and a sidebar with 'AYUDA CONTEXTUAL HELP' and 'USUARIO/A' information. At the bottom, a taskbar shows several open files including 'Semana14.pdf' and 'DATA FINAL (1).xlsx'.

Copia de documento de aprobación de comité de ética (DGIDI o revista)

**COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA
EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES
Y BIODIVERSIDAD**



Constancia N° 145-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro: **316-2019-PRE11**
 Título: **Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú**
 Investigador(a): **Maxwell Zarate Ponce**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 18 de mayo del 2021**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 19 de noviembre de 2019



Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
 Presidente
 Comité Institucional de Ética en Investigación
 con Animales y Biodiversidad

Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis (Carrera)



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°204-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 27 de noviembre del 2019

VISTO:

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú**, presentado por:

- **Maxwell Zarate Ponco**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú** con N° de registro: **316-2019-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **José Alberto Iannacone Oliver** como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

T: (01) 6106100
opón 2
www.cientificadelsur.edu.pe

Campus
Paraguana Sur
Km 19 - Lima 42

Instrumentos usados en la investigación y demás información de utilidad

1. Balanza analítica
2. Bomba de vacío
3. Cubreobjetos
4. Vasos de precipitados
5. Tamizador
6. bandeja de aluminio
7. Pinzas
8. Papel filtros de 4um
9. Marco de aluminio
10. Pala de metal
11. Bolsas de aluminio
12. Papel kraft
13. Estufa BINDER°
14. Estereoscopio binocular digital